



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 38 16 517.1  
22 Anmeldetag: 14. 5. 88  
43 Offenlegungstag: 23. 11. 89

B 32 B 3/20  
// B32B 15/00, 18/00,  
27/00, 27/04,  
C08K 7/22

Behördeneigentlich

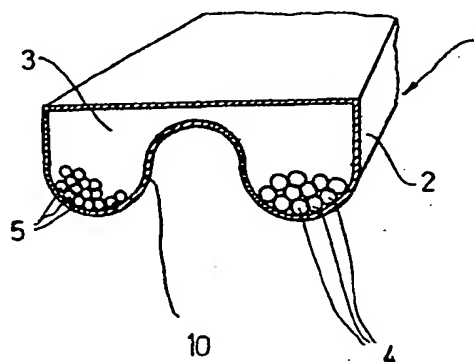
DE 3816517 A1

71 Anmelder:  
Kellner, Gerd, Dr.-Ing., 7230 Schramberg, DE

72 Erfinder:  
Kellner, Gerd, Dr.-Ing., 7230 Schramberg, DE;  
Grimm, Arnold, 6405 Eichenzell, DE

54 Leichtmaterial

Mit der Erfindung wird ein Leichtmaterial vorgeschlagen, das sich durch ein geringes spezifisches Gewicht auszeichnet und dazu gute mechanische Eigenschaften aufweist. Das Leichtmaterial besteht aus einem Körper (2) beliebigen Werkstoffs, in dessen Innenraum (3) Hohlkugeln (4) dicht eingefüllt sind. Dabei sind die Schmelzpunkte und die Ausdehnungskoeffizienten der Vergußmassen und der Hohlkugeln (4, 5) zu beachten.



DE 3816517 A1

Die Erfindung betrifft ein Leichtmaterial, das aus zumindest zwei Grundelementen gebildet ist und bei guten mechanischen Eigenschaften ein geringes spezifisches Gewicht aufweist.

Aus der DE 32 31 769 C2 ist eine Lagerfläche bekannt, die als Verbundkörper aus einem Metall-Werkstück und in einer Kunstharzmasse eingebettete Hartkörper besteht. Die Hartkörper sind bei dieser bekannten Lagerfläche Lagernadeln, die quer zur vorgesehenen Abrollrichtung von Nadeln oder Kugeln eines Lagerkäfigs in der Lagerfläche angeordnet sind. Dieser Aufbau der Lagerfläche hat zum Ziel, das Lösen und Kippen der eingebetteten Hartkörper durch Abrollbewegungen von Nadeln oder Kugeln eines Lagerkäfigs auf der Lagerfläche zu vermeiden. Mit dieser bekannten Lagerfläche wird jedoch kein Leichtmaterial offenbart, das neben guten mechanischen Eigenschaften gleichzeitig ein nur geringes spezifisches Gewicht aufweist und als beliebig gestaltbarer Körper unterschiedlichen Verwendungszwecken zugeführt werden kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Leichtmaterial der eingangs genannten Art zu schaffen, das trotz geringem spezifischem Gewicht eine große Stabilität aufweist und insbesondere eine gute Druck-, Scher- und Biegefestigkeit besitzt und bei beliebig gestaltbarer Form und Größe unterschiedlichen Verwendungszwecken zugeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Leichtmaterial ein Körper vorgesehen ist, dessen Innenraum mit Hohlkugeln ausgefüllt ist. Dabei können die Hohlkugeln einen Kugeldurchmesser von 0,5 bis 20 Millimeter bei einer Wandstärke von  $\leq 10 \mu\text{m}$  aufweisen. Als Werkstoffe für die Hohlkugeln können wahlweise Metall, Keramik, Glas, Kunststoff oder Kunstharz eingesetzt sein, wobei sich insbesondere Hohlkugeln aus Nickel, Molybdän, Wolfram oder Kupfer als vorteilhaft erwiesen haben. Der besondere Vorteil dieses neuen Leichtmaterials besteht darin, daß in den Innenraum eines Hohlkörpers Hohlkugeln von kleinem und kleinstem Durchmesser mit sehr geringer Wandstärke eingeschüttet werden. Dadurch wird ein Leichtmaterial von insgesamt nur geringem Materialgewicht erreicht, welches gleichzeitig großen Druck-, Scher- und Biegekräften standhält. In der Verbindung mit Glas, Keramik, Kunststoff, Kunstharz und Metallen lassen sich dadurch Bauteile von großer Festigkeit und geringem Schwingungsverhalten herstellen.

Da die Hohlkugeln im Regelfall einen höheren Schmelzpunkt aufweisen als der Körper, in den sie eingebettet werden, sind die unterschiedlichsten Variationen von Werkstoffkombinationen möglich, so daß eine breite Palette von Anwendungsfällen und Anwendungsgebieten mit dem neuen Leichtmaterial abgedeckt werden. Eine vorteilhafte Kombination kann darin bestehen, daß eine Masse von SiSiC (Keramik) mit Molybdän-Hohlkugeln bereitgestellt wird, wobei die Keramik gießbar ist bei einem Schmelzpunkt unterhalb dem der Molybdän-Hohlkugeln. Dadurch entsteht nach dem Gießen ein fester, homogener Verbundkörper von geringem spezifischem Gewicht und guten mechanischen Eigenschaften. Aus diesem neuen Leichtmaterial lassen sich Platten oder Formkörper herstellen, beispielsweise Laufringe für Kugellager, die nach dem Formgießen gesintert werden.

Eine weitere beispielhafte Kombination ist eine Masse von Nickel-Hohlkugeln in Aluminium.

Beachtenswert ist auch die Elementbildung und der Ausdehnungskoeffizient der miteinander zu verbindenden Einzelemente. So kann es von Vorteil sein, Materialien mit gleichem Ausdehnungskoeffizient zusammenzufügen, wie beispielsweise Molybdän, SiSiC-Keramik oder Glas.

Das Aufbringen eines Überzugs aus einer Oxidschicht, einer Metallschicht, einer Keramiksicht, einer Kunststoff- oder einer Kunstharzsicht führt zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften. Die Verschleißfestigkeit, die Druck-, Scher- und Verformungseigenschaften jeder der so behandelten Hohlkugeln werden bei nur geringem Gewicht erhöht und den jeweiligen Erfordernissen angepaßt. So können vernickelte Kupfer-Hohlkugeln gewählt werden, was auch der Verträglichkeit der miteinander zu verbindenden Materialien zugute kommt.

Das Gewicht der Hohlkugeln beträgt in Abhängigkeit vom Durchmesser und von der gewählten Wandstärke sowie dem eingesetzten Werkstoff etwa 80 bis 1000 Gramm pro Liter Füllmenge. Dabei sind die Gewichte für Kupfer- und Nickel-Hohlkugeln mit 80 bis 300 Gramm pro Liter Füllmenge niedriger als die für Molybdän- und Wolfram-Hohlkugeln mit bis zu 1000 Gramm pro Liter Füllung.

In weiterer Ausbildung der Erfindung können die Hohlkugeln in dem Hohlkörper in eine Vergußmasse, wahlweise aus Keramik, Kunststoff, Kunstharz oder Glas eingebettet sein, wobei im Falle von Keramik anschließend nach dem Vergießen noch ein Sintern bei einer Temperatur von etwa  $1800^\circ\text{C}$  erfolgt. Dabei kann die Vergußmasse mit einer Gewebeeinlage wahlweise aus Kunststoff oder Textil ausgerüstet sein.

Um eine möglichst große Menge von Hohlkugeln, die durch Gießen, Schmelzen oder Sintern herstellbar sind, in einen Hohlkörper einzusetzen, können die Hohlkugeln entsprechend weiteren Merkmalen der Erfindung im abgekühlten Zustand in den Hohlkörper eingebracht werden, der wahlweise Raumtemperatur aufweist oder erwärmt ist. Andererseits kann der Hohlkörper in einem erwärmten Zustand die Hohlkugeln aufnehmen, die ihrerseits wahlweise Raumtemperatur aufweisen oder abgekühlt sind. Diese Maßnahmen führen zu einer Verdichtung der Hohlkugeln in dem Verbundkörper, in welchem sie nach Temperatenausgleich mit relativ großem Druck einliegen.

Ein Leichtmaterial dieser erfindungsgemäßen Art hat ein hervorragendes Frequenzverhalten und weist keinerlei Resonanz-Schwingungen auf.

Wenn eine Oxidation durch Eindringen von Sauerstoff an die Hohlkugeln befürchtet werden muß, kann nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ein Herauslösen der Hohlkugeln aus der Vergußmasse bzw. dem Überzug vorgenommen werden, so daß das Leichtmaterial in seiner Vergußmasse lediglich kugelförmige Hohlräume aufweist. Das Herauslösen der Hohlkugeln kann chemisch oder durch Ätzen erfolgen. Dieses Verfahren ist vor allem vorteilhaft anzuwenden bei der Werkstoffkombination Aluminium mit Kupfer.

Da die Hohlkugeln von kleinstem Durchmesser sein können, ist ein guter Füllungsgrad des Körpers auch bei unterschiedlicher Formgebung möglich. Durch eine gezielte Erwärmung des Körpers ist sogar ein nachträgliches Biegen oder Verformen mit eingefüllten Hohlkugeln möglich.

In der Zeichnung ist ein Beispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 ein Leichtmaterial im Schnitt mit eingefüllten

Hohlkugeln,

Fig. 2 eine Hohlkugel im Schnitt,

Fig. 3 ein Leichtmaterial mit Hohlkugeln in einer Vergußmasse,

Fig. 4 einen Laufring eines Kugellagers aus Leichtmaterial,

Fig. 5 eine Platte aus Leichtmaterial.

Ein Formkörper 1 aus Leichtmaterial beliebiger Form und Größe besteht aus einem Körper 2, in dessen Innenraum 3 Hohlkugeln 4 und 5 von unterschiedlichem Durchmesser eingefüllt sind. Die Hohlkugeln 4 und 5 können entsprechend dem Beispiel in Fig. 1 lose in den Hohlkörper 2 eingeschüttet werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Füllmenge der Hohlkugeln 4 und 5 zu erhöhen, indem eine Verdichtung, beispielsweise durch Rütteln, hervorgerufen wird. Andererseits ist es auch möglich, stark abgekühlte Hohlkugeln 4 und 5 in einen Körper 2 einzubringen, der entweder Raumtemperatur besitzt oder sogar erwärmt ist. Nach Ausgleich der Temperaturen wird bei einer so erhöhten Füllmenge von Hohlkugeln ein Druck der Hohlkugeln zueinander und gegen die Innenwandungen des Körpers 2 stattfinden.

In einen Formkörper 1 aus Leichtmaterial sind selbstverständlich auch Hohlkugeln 4 bzw. 5 von gleichem Durchmesser einsetzbar. Ferner können Hohlkugeln 4 eingebracht werden, die sich innerhalb einer Vergußmasse 9 befinden. Dabei kann die Füllung beispielsweise derart erfolgen, daß nach Einschütten von Hohlkugeln 4 in den Körper 2 anschließend eine Vergußmasse 9 eingefüllt wird, die alle Zwischenräume zwischen den Hohlkugeln 4 und den Wandungen 10 des Körpers 2 ausfüllt. Die Vergußmasse kann ein Kunststoff oder ein Kunstharz sein, wobei die Vergußmassen 8 mit Gewebeeinlagen 11 verstärkt sein können.

Die Hohlkugeln 4 bzw. 5 besitzen einen Kugeldurchmesser 6 von etwa 0,5 bis 20 Millimeter. Die Kugelwanddicke 7 beträgt etwa  $\leq 10 \mu\text{m}$ .

Als Werkstoff für die Hohlkugeln kommen Metalle, Keramik, Kunststoff, Glas und Kunstharz in Frage, wobei sich als besonders vorteilhaft Kupfer, Nickel, Molybdän und Wolfram erwiesen haben. Dazu ist es ferner möglich, die Hohlkugeln aus Kupfer herzustellen und sie wahlweise in Aluminium einzubetten. Die Hohlkugeln 4 bzw. 5 dieser beschriebenen Art weisen je nach Werkstoffwahl, dem Kugeldurchmesser und der Kugelwanddicke ein Gewicht von etwa 80 bis 1000 Gramm pro Liter Füllmenge auf. Bei Molybdän und Wolfram liegt das Gewicht höher als bei Kupfer und Nickel.

Die Herstellung der Hohlkugeln kann durch Gießen, Schmelzen oder Sintern erfolgen. Um eine mögliche Oxydation der Hohlkugeln zu vermeiden, können sie unter Vakuum in den Körper 2 eingebracht werden. Andererseits ist es möglich, zu diesem Zweck die Hohlkugeln aus der Vergußmasse chemisch oder durch Ätzen herauszulösen, so daß nur noch kugelförmige Hohlräume in dem Leichtmaterial bzw. der Vergußmasse 9 zurückbleiben.

Statt Hohlkugeln 4, 5 in einem Körper 2 lose einzuschütten kann nach weiteren Erfindungsmerkmalen das Leichtmaterial dadurch hergestellt werden, daß eine Werkstoffmasse wahlweise aus Metall, Keramik, Glas oder Kunststoff gewählt wird, die mit Hohlkugeln 4, 5 wahlweise aus Metall, Glas, Keramik, Kunststoff oder Kunstharz vermischt werden. Diese Masse wird dadurch zu einem Leichtmaterial-Formkörper, indem die Grundmasse vergossen oder verschmolzen wird und die Hohlkugeln 4, 5 in dieser Verguß- oder Schmelzmasse

unverändert erhalten bleiben. Zu diesem Zweck ist es notwendig, daß für die Hohlkugeln 4, 5 jeweils ein Werkstoff gewählt wird, dessen Schmelzpunkt höher liegt als das mit diesen Hohlkugeln 4, 5 verbundene Material. Mit diesem Verfahren lassen sich beispielsweise Formkörper wie Laufringe 12 von Kugellagern einstückig herstellen. Ein solcher Laufring 12 nach Fig. 4 besteht zum Beispiel aus SiSiC (Keramik) und ist mit Molybdän- oder Wolfram-Hohlkugeln 4 gefüllt. Dieser fertig gegossene Laufring 12 wird anschließend gesintert. Er ist sehr leicht und weist gute mechanische Eigenschaften auf.

Bei der Zusammenfügung der Materialien für den Körper 2 und die Hohlkugeln 4 ist gegebenenfalls auch der Ausdehnungskoeffizient der Werkstoffe zu beachten, wobei es vorteilhaft ist, Materialien mit gleichem oder nahezu gleichem Ausdehnungskoeffizienten zusammenzubringen.

Nach Fig. 5 ist durch Gießen oder Schmelzen eine Platte, Scheibe oder dergleichen 13 mit Hohlkugeln 4, 5 hergestellt worden. Die Platte 13 ist in dem Beispiel aus Glas wahlweise mit Kunststoff gebildet und weist entsprechend dem Schmelzpunkt von Glas die Hohlkugeln 4 auf. Die Platte 13 könnte ebenso auch aus Aluminium bestehen und mit Hohlkugeln 4 aus Nickel gefüllt sein.

Ein Leichtmaterial 1 der hier vorbeschriebenen Art besitzt gute mechanische Eigenschaften und ein nur geringes spezifisches Gewicht. Hervorzuheben sind die große Druck-, Biege- und Scherfestigkeit sowie ein gutes Frequenzverhalten.

Je nach dem späteren Einsatzzweck und nach der zu erfolgenden Einsatzart des mit Hohlkugeln 4, 5 gefüllten Körpers 2 können die Hohlkugeln eine geeignete Nachbehandlung erfahren. So kann die Hohlkugel vor ihrem Einsatz in dem Körper 2 gehärtet werden. Sie kann außerdem mit einer Oxidschicht versehen werden oder einen Überzug 8 aus einem Metall bzw. einer Metallegerung, einer Keramik oder einem Kunststoff oder Kunstharz erhalten.

Durch gezieltes Erwärmen kann ein beispielsweise in der Sandwich-Bauart hergestelltes Leichtmaterial 1 nach Fig. 3 auch nach dem Einbringen von Hohlkugeln 4 gebogen bzw. geformt werden.

#### Patentansprüche

1. Leichtmaterial (1), das aus zumindest zwei Grundelementen gebildet ist und bei guten mechanischen Eigenschaften ein geringes spezifisches Gewicht aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Körper (2) vorgesehen ist, der mit Hohlkugeln (4, 5) gefüllt ist.
2. Leichtmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) einen Kugeldurchmesser (6) von 0,5 bis 20 Millimeter bei einer Wandstärke (7) von  $\leq 10 \mu\text{m}$  aufweisen.
3. Leichtmaterial nach den Patentansprüchen 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) in einen Körper (2) eingebettet sind, dessen Schmelzpunkt unter dem der Hohlkugeln (4, 5) liegt.
4. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) wahlweise aus Metall, Keramik, Glas, Kunststoff oder Kunstharz gebildet sind.
5. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) wahlweise aus Nickel, Wolfram, Kupfer oder Mo-

lybdän gebildet sind.

6. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die wahlweise aus Metall, Keramik, Glas, Kunststoff oder Kunstharz gebildeten Hohlkugeln (4, 5) in einen Körper (2) aus wahlweise Metall, Keramik, Glas oder Kunststoff eingebettet sind.

7. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff des Körpers (2) und der Werkstoff der Hohlkugeln (4, 5) einen gleichen oder nahezu gleichen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen.

8. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) aus einem Metall gebildet und einer Nachbehandlung durch Härten unterworfen sind.

9. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) mit einem festhaftenden Überzug (8) versehen sind, der wahlweise eine Oxidschicht, eine Metallschicht, eine Keramiksicht, eine Kunststoffschicht oder eine Kunstharzschicht ist.

10. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) in dem Körper (2) in eine Vergußmasse (9) wahlweise aus Keramik, Kunststoff, Kunstharz oder Glas eingebettet sind, wobei im gewählten Fall von Keramik nach dem Vergießen eine Sinterung erfolgt.

11. Leichtmaterial nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergußmasse (9) mit einer Gewebeeinlage (11) wahlweise aus Kunststoff oder Textil versehen ist.

12. Leichtmaterial nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) durch Gießen oder Schmelzen mit wahlweise nachfolgendem Sintern herstellbar sind.

13. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) im abgekühlten Zustand in den Körper (2) eingebracht sind, der wahlweise Raumtemperatur aufweist oder erwärmt ist.

14. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (2) in erwärmtem Zustand die Hohlkugeln (4, 5) aufnimmt, die wahlweise Raumtemperatur aufweisen oder abgekühlt sind.

15. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in den Körper (2) wahlweise Hohlkugeln (4, 5) von gleichem oder von unterschiedlichem Kugeldurchmesser (6) eingegeben sind.

16. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) im Körper (2) durch Rütteln oder durch Pressen verdichtet sind.

17. Leichtmaterial nach den Ansprüchen 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlkugeln (4, 5) aus der Vergußmasse (9) bzw. dem Überzug (8) herauslösbar sind und nach dem Herauslösen einen kugelförmigen Hohlraum im Leichtmaterial (1) hinterlassen.

3816517

12

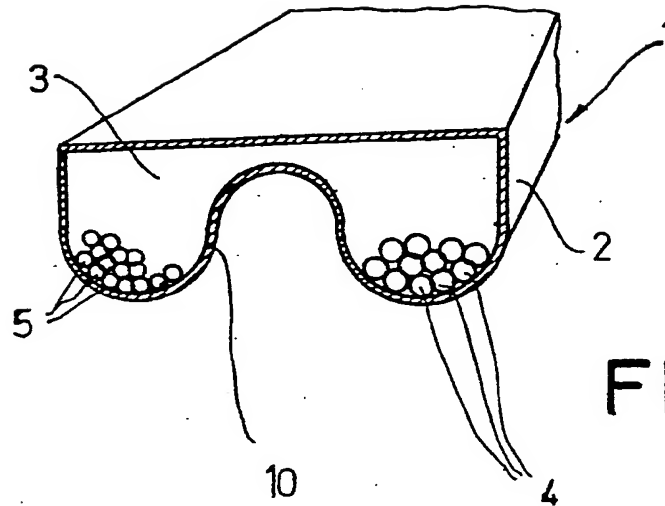


FIG. 1

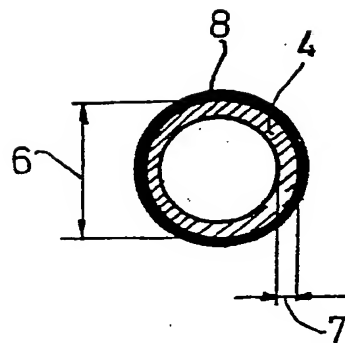


FIG. 2

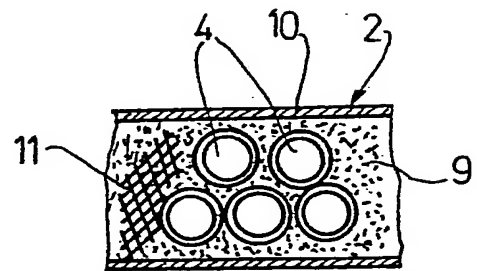


FIG. 3

3816517

13\*

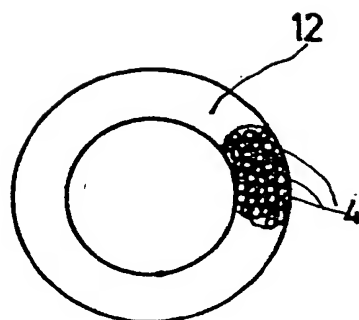


FIG. 4

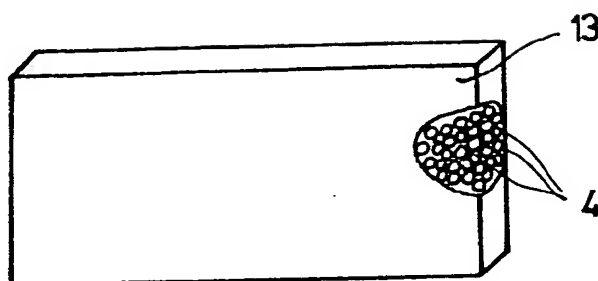


FIG. 5

BEST AVAILABLE COPY